

# QUY TRÌNH TÍNH TOÁN VÀ THIẾT KẾ MÓNG CỌC TRÀM TRÊN NỀN ĐẤT YẾU ( DỰ THẢO )

CẤP QUẢN LÝ ĐỀ TÀI : VỤ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ - BỘ XÂY DỰNG  
ĐƠN VỊ THỰC HIỆN : CÔNG TY TƯ VẤN XÂY DỰNG TỔNG HỢP  
CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI : GSTS HOÀNG VĂN TÂN  
CÁC CHUYÊN GIA PHỐI HỢP :

- 1) GSTS NGUYỄN VĂN THƠ
- 2) KS BÙI QUANG VŨ
- 3) PTS NGUYỄN TRUNG HÒA

CƠ QUAN QUẢN LÝ ĐỀ TÀI  
BỘ XÂY DỰNG  
VỤ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ

CƠ QUAN THỰC HIỆN ĐỀ TÀI  
BỘ XÂY DỰNG  
CTY TƯ VẤN XÂY DỰNG TỔNG HỢP

PGS.PTS NGUYỄN TIẾN ĐÍCH

PTS LŨ TRIỀU THÀNH

## I- NGUYÊN TẮC CHUNG

- I.1 – Cọc tràm giống như các loại cọc gỗ khác dùng thích hợp và có hiệu quả để xử lý nền đất yếu dưới các công trình dân dụng và công nghiệp cũng như các công trình khác với quy mô vừa và nhỏ khi ứng suất trung bình dưới đế móng không vượt quá **0,8 kG/cm<sup>2</sup>**.
- I.2 – Các loại đất yếu dùng thích hợp cho cọc tràm và móng cọc tràm có thể bao gồm các loại cát nhỏ, cát bụi ở trạng thái rời bão hòa nước, các loại đất dính ( cát pha sét, sét pha cát và sét ) ở trạng thái dẻo mềm, dẻo chảy và chảy, các loại đất bùn, đất than bùn, và than bùn.
- I.3 – Tùy theo trị số và tính chất tác dụng của tải trọng công trình cũng như tùy theo sơ đồ địa chất cụ thể ở khu vực xây dựng mà lựa chọn đường kính, chiều dài và mật độ thích hợp.
- Đường kính cọc tràm thường dùng từ **8cm** đến **10cm**, chiều dài cọc tràm nên chọn từ 3m đến 5m, mật độ cọc tràm ( số cọc/m<sup>2</sup> ) tùy theo loại đất và trạng thái của nó cũng như độ lớn của tải trọng mà có thể sử dụng từ **16 cọc/m<sup>2</sup>** đến **49 cọc/m<sup>2</sup>**.
- Thông thường, đối với các loại cát nhỏ, cát bụi ở trạng thái rời và bão hòa nước có thể sử dụng mật độ từ **16 cọc/m<sup>2</sup>** đến **25 cọc/m<sup>2</sup>**, đối với các loại cát pha sét và sét pha cát ở trạng thái dẻo mềm, chảy dẻo hoặc chảy có thể sử dụng từ **25 cọc/m<sup>2</sup>** đến **36 cọc/m<sup>2</sup>**, còn đối với các loại sét ở trạng thái chảy và các loại bùn sét, đất than bùn và than bùn có thể sử dụng từ **36 cọc/m<sup>2</sup>** đến **49 cọc/m<sup>2</sup>**.
- I.4 – Đỉnh cọc tràm khi thiết kế luôn luôn phải bảo đảm nằm dưới mực nước ngầm thấp nhất và nước ngầm không có tính chất xâm thực.
- Ở những nơi có thủy triều lên xuống thất thường, khi thiết kế phải đảm bảo đỉnh cọc tràm ở dưới mực nước xuống thấp nhất.
- I.5 – Gỗ tràm dùng làm cọc phải có tuổi từ **6 năm** trở lên và đường kính ngọn khi khai thác không được nhỏ hơn **4cm** khi chiều dài cọc tràm lớn hơn **4m** và không nhỏ hơn 5cm khi chiều dài cọc tràm nhỏ hơn **4m**. Thân cọc tràm phải thẳng để hạn chế khả năng uốn dọc khi chịu tải trọng. Lõi cọc tràm khi sử dụng phải tươi, không bị mục và không bóc vỏ ngoài. Các cọc tràm trước khi dùng phải được tưới ẩm và dưỡng hộ theo các quy định cụ thể trong quy trình thi công.
- I.6 – Cọc tràm chỉ được dùng trong trường hợp móng cọc dài thấp và chủ yếu chịu tải trọng thẳng đứng là chính, không thích hợp đối với móng cọc dài cao khi có tải trọng ngang tác dụng.
- I.7 – Cọc tràm không nên dùng ở những nơi xảy ra hiện tượng động đất và xuất hiện các dạng đất hoang thổ có tính lún ướt.

## II – CÁC YÊU CẦU CHUNG ĐỐI VỚI CÔNG TÁC KHẢO SÁT

- II.1 – Các yêu cầu chung đối với công tác khảo sát khi thiết kế các công trình trên móng cọc tràm cũng giống như các loại cọc khác, được quy định trong tiêu chuẩn 20TCN 160 : 87 cũng như trong tiêu chuẩn 20TCN 21 : 86 của bộ xây dựng.
- II.2 – Căn cứ vào đặc điểm các loại công trình dân dụng và công nghiệp cũng như các loại công trình khác với quy mô vừa và nhỏ khi dùng các loại cọc tràm có đường kính nhỏ ( 8 ÷ 10 cm ) và chiều dài không lớn ( 3 ÷ 5m ), công tác khảo sát sẽ bao gồm 3 nội dung chính : khảo sát địa hình, khảo sát địa chất công trình và thí nghiệm nén tĩnh cọc tràm ở ngoài hiện trường.
- Công tác khảo sát địa hình sẽ tuân theo các quy định chung của Bộ xây dựng đối với công tác thiết kế, còn công tác khảo sát địa chất công trình sẽ tập trung vào mấy khâu quan trọng sau đây :
- + Số lỗ khoan không nên ít hơn **2** và với chiều sâu khảo sát từ **15 ÷ 20m** theo yêu cầu của cơ quan thiết kế.
  - + Thí nghiệm xuyên tĩnh và xuyên động tùy theo loại đất không nên ít hơn **5** hố.
  - + Thí nghiệm nén tĩnh cọc tràm không nên ít hơn **2**.
- Đối với các loại đất bùn, đất than bùn và than bùn có thể tiến hành thí nghiệm cắt chữ thập và thí nghiệm nén ngang trong lỗ khoan tùy theo yêu cầu của cơ quan thiết kế nếu thấy cần thiết.
- II.3 – Công tác thí nghiệm xác định các chỉ tiêu cơ lý của đất ở trong phòng cũng như ở ngoài hiện trường phải được tiến hành theo các quy định và chỉ dẫn hiện hành.
- II.4 – Công tác thí nghiệm nén tĩnh cọc tràm ở ngoài hiện trường về nguyên tắc cũng được tiến hành giống như đối với các cọc bê tông cốt thép có tiết diện nhỏ theo như các chỉ dẫn hiện hành.

## III – NHỮNG CHỈ DẪN CHUNG VỀ TÍNH TOÁN VÀ THIẾT KẾ CỌC TRÀM VÀ MÓNG CỌC TRÀM

- III.1 – Cũng giống như móng cọc gỗ và móng cọc bê tông cốt thép, móng cọc tràm và nền dưới móng cọc tràm được tính toán theo các trạng thái giới hạn.

III.2 – Đài cọc tràm có thể cấu tạo bằng gạch, đá học, bê tông đá học, bê tông và bê tông cốt thép tùy theo quy mô công trình, tình hình địa chất và địa chất thủy văn ở khu vực xây dựng.

Nếu vật liệu đài cọc làm bằng gạch và đá học, thì việc xác định chiều cao đài và kiểm tra độ bền của đài sẽ căn cứ vào các quy định chung của Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu gạch đá.

Đối với đài cọc làm bằng vật liệu bê tông đá học, bê tông và bê tông cốt thép, khi cấu tạo đài cũng như xác định lượng cốt thép cần thiết sẽ dựa vào Tiêu chuẩn thiết kế các cấu kiện bê tông và bê tông cốt thép hiện hành.

III.3 – Tùy theo điều kiện làm việc của cọc tràm đóng trong đất và tùy theo sơ đồ cấu tạo địa chất, cọc tràm sẽ được phân chia thành hai loại : cọc chống và cọc ma sát ( cọc treo ).

Nếu mũi cọc tràm tựa lên trên các loại đất hòn lớn, sỏi, cuội, cát to ở trạng thái chặt hoặc tựa trên các loại đất dính ( sét, sét pha cát, cát pha sét ) ở trạng thái cứng thì có thể xem cọc tràm là loại cọc chống, lúc đó sức kháng của đất ở dưới mũi cọc đóng vai trò chủ yếu và lực ma sát ở xung quanh thân cọc xem như bỏ qua.

Trong trường hợp này, cọc tràm cần được kiểm tra độ bền và khả năng uốn dọc khi chịu tải trọng giống như cọc gỗ hay cọc bê tông cốt thép.

Các trường hợp còn lại, cọc tràm được tính toán giống như cọc ma sát, trong đó khả năng chịu tải của cọc đều dựa vào lực ma sát của đất ở xung quanh thân cọc và sức kháng của đất ở dưới mũi cọc.

III.4 – Tùy theo mật độ của cọc tràm đóng trong loại đất yếu thích hợp mà khoảng cách giữa các cọc sẽ khác nhau. Để tiện thi công, thông thường các cọc được bố trí theo lưới hình ô vuông. Khoảng cách giữa các cọc có thể tham khảo trong bảng 3 – 1 phần phụ lục của Quy trình này.

III.5 – Tùy theo từng loại công trình, tính chất tác dụng của tải trọng và sơ đồ địa chất, móng cọc tràm được tính theo trạng thái giới hạn thứ nhất ( theo khả năng chịu tải ) hoặc theo trạng thái giới hạn thứ hai ( theo điều kiện biến dạng ) hoặc cả hai trạng thái giới hạn trên.

Đối với các công trình dân dụng và công nghiệp cũng như các công trình khác ( trừ các công trình có tầng hầm và hầm ngầm ) chủ yếu chịu tải trọng thẳng đứng thì móng cọc tràm được tính toán theo trạng thái giới hạn thứ hai. Khi đó, trong tính toán sẽ dùng tổ hợp tải trọng cơ bản ứng với các tải trọng và đặc trưng đất nền tiêu chuẩn.

Khi công trình thường xuyên chịu tải trọng ngang tác dụng, các công trình xây trên bờ dốc và mái dốc, các công trình xây trên lớp đất yếu ( cát nhỏ, cát bụi ở trạng thái bão hòa nước, các loại đất dính bão hòa nước, các loại đất than bùn và than bùn ), các công trình xây trên nền đất mà dưới đó là nền đá thì cần được tính toán theo trạng thái giới hạn thứ nhất ứng với tổ hợp tải trọng cơ bản và đặc biệt. Các đại lượng tải trọng và đặc trưng đất nền được xác định theo giá trị tính toán.

Việc xác định các loại tổ hợp tải trọng và các đặc trưng đất nền phục vụ cho việc tính toán nền móng cọc tràm sẽ tuân theo các quy định và chỉ dẫn trong các tiêu chuẩn hiện hành.

III.6 – Để tiến hành tính toán móng cọc tràm theo trạng thái giới hạn thứ nhất, cần xác định sức chịu tải của cọc tràm, kiểm tra khả năng chịu tải của nền đất ở dưới mũi cọc tràm và trên mặt lớp đất yếu dưới sâu trong phạm vi chịu nén ( vùng ảnh hưởng gây ra lún ), kiểm tra ổn định trượt phẳng, trượt sâu và ổn định lật đối với các công trình chịu tải trọng ngang lớn.

Khi tính toán móng cọc tràm theo trạng thái giới hạn thứ hai, cần kiểm tra độ lún ổn định ( độ lún cuối cùng ), hiệu số lún, tốc độ lún và độ nghiêng của móng hoặc công trình.

Cũng cần lưu ý rằng, nếu có các phụ tải tác dụng ở xung quanh móng ( do đất đắp, do các công trình lân cận ) hoặc do khai thác nước ngầm..., trong tính toán và thiết kế móng cọc tràm cần xét đến ảnh hưởng của ma sát âm.

#### IV – TÍNH TOÁN CỌC TRÀM THEO KHẢ NĂNG CHỊU TẢI.

IV.1 – Sức chịu tải tính toán của cọc tràm đơn theo điều kiện vật liệu được xác định theo biểu thức :

$$P_d = 0,6F_c R_{ng} \quad (4 - 1)$$

Trong đó :

$F_c$  – diện tích tiết diện ngang của cọc tràm;

$R_{ng}$  – cường độ chịu nén tính toán dọc trục của gỗ tràm ( phần lõi ), có thể lấy bằng

trị số giới thiệu ở bảng 4 – 1 của phụ lục.

IV.2 – Sức chịu tải tính toán của cọc tràm đơn theo điều kiện đất nền được xác định như sau :

IV.2.1 – Đối với cọc tràm làm việc giống như cọc chống, trị số  $P_d$  được tính toán theo công thức :

$$P_d = \frac{P_{gh}}{K_1} \quad (4-2)$$

Trong đó :

$$P_{gh} = R_c F_c \quad (4-3)$$

$R_c$  – sức kháng tính toán của đất dưới mũi cọc.

Khi không có số liệu thí nghiệm khảo sát ở địa điểm xây dựng, trị số  $R_c$  có thể sơ bộ lấy các giá trị ở trong bảng 4 – 2 phần phụ lục.

Trường hợp có các số liệu thí nghiệm ở trong phòng do khoan khảo sát hoặc không có số liệu trong bảng 4 – 2, trị số  $R_c$  có thể xác định sơ bộ theo công thức :

$$R_c = 1,3.c.N_c + \gamma.l.N_q + 0,6.\gamma.\frac{d_c}{2}.N_\gamma \quad (4-4)$$

Trong đó :

$l$  : chiều dài cọc tràm  
 $N_c, N_q, N_\gamma$  : tra bảng 4 – 3 phụ lục.  
 $c$  : lực dính đơn vị ( T/m<sup>2</sup> )  
 $d_c$  : đường kính cọc tràm  
 $\gamma$  : trọng lượng thể tích của đất nền ở độ sâu mũi cọc ( T/m<sup>3</sup> )

#### V – TÍNH TOÁN CỌC TRÀM THEO KHẢ NĂNG BIẾN DẠNG

V.1 – Độ lún ổn định ( độ lún cuối cùng ) của móng cọc tràm được tính toán theo sơ đồ móng khối quy ước hoặc sơ đồ bản móng tương đương.

Nếu tính toán móng cọc tràm theo sơ đồ móng khối quy ước ( hình 5.1 ), trị số độ lún ổn định  $S$  được xác định như sau:

V.1.1 – Khi kích thước đáy móng khối quy ước nhỏ hơn 10m, trị số  $S$  được tính toán theo một trong ba công thức sau đây:

$$S = \sum_{i=1}^n \beta_i \frac{h_i}{E_{oi}} \overline{\sigma_{zi}} \quad (5-1)$$

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{1 + \varepsilon_{1i}} h_i \overline{\sigma_{zi}} \quad (5-2)$$

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_{1i} - \varepsilon_{2i}}{1 + \varepsilon_{1i}} h_i \quad (5-3)$$

Trong đó :

$$\beta_i = 1 - \frac{2(\mu_{oi})^2}{1 - \mu_{oi}}$$

$E_{oi}$  và  $a_i$  : module biến dạng và hệ số nén của lớp đất thứ  $i$ .

$\varepsilon_{1i}$  và  $\varepsilon_{2i}$  : hệ số rỗng của lớp đất thứ  $i$  do ứng suất trung bình của trọng lượng bản thân đất, do ứng suất trung bình phụ thêm của tải trọng công trình và trọng lượng khối móng quy ước gây nên, được xác định trên biểu đồ đường cong nén.

$h_i$  và  $\mu_{oi}$  : chiều dày và hệ số nở hông của lớp đất thứ  $i$ .

$\overline{\sigma_{zi}}$  : ứng suất trung bình phụ thêm của lớp đất thứ  $i$ , nằm trong phạm vi chịu nén dưới mũi cọc tràm.

$n$  : số lớp đất khảo sát nằm trong phạm vi chịu nén dưới mũi cọc tràm.

V.1.2 – Khi kích thước đáy móng khối quy ước lớn hơn hoặc bằng 10m, trị số  $S$  được tính toán theo công thức :

$$S = bp_o M \sum_{i=1}^n \frac{K_i - K_{i-1}}{E_{oi}} \quad (5-4)$$

Trong đó :

$b$  : bề rộng móng đối với móng khối quy ước hình chữ nhật hay đường kính đối với móng khối quy ước hình tròn.

$p_o$  : ứng suất trung bình dưới đáy móng khối quy ước.

$M$  : hệ số hiệu chỉnh xác định theo chỉ dẫn trong TCXD 45 – 78

$K_i$  và  $K_{i-1}$  : các hệ số tra bảng trong TCXD 45 – 78

Việc xác định chiều dày phạm vi chịu nén cho cả hai trường hợp ( mục V.1.1 và V.1.2 ) được quy định trong tiêu chuẩn TCXD 45 – 78

Nếu tính toán trị số  $S$  theo sơ đồ bản móng tương đương, có thể tham khảo cách tính toán cụ thể giới thiệu trong phụ lục ( hình 5.2 ).

V.2 – Khi thiết kế móng cọc tràm đóng trong các lớp đất dính bão hòa nước, các loại bùn sét hữu cơ, các loại đất than bùn và than bùn, để dự đoán độ lún diễn biến theo thời gian có thể sơ bộ xác định theo công thức gần đúng dựa trên cơ sở lý thuyết cổ kết thắm :

$$S(t) = \frac{a}{1 + \varepsilon_1} hp_o \left( 1 - \overline{M_z} \right) \quad (5-5)$$

Trong đó :

$\overline{M_z}$  : hệ số phụ thuộc thông số  $T_z$  được xác định trên biểu đồ hoặc bảng ( 5 – 1 ) phần

phụ lục :  $T_z = C_z \left( \frac{t}{h^2} \right)$  với  $C_z = \frac{k_z(1 + \varepsilon_{tb})}{a\gamma_n}$

$t$  : thời gian xác định độ lún

$h$  : chiều dày lớp đất ở dưới mũi cọc tràm nằm trong phạm vi chịu nén

$k_z$  : hệ số thấm của đất nền ở dưới mũi cọc tràm theo phương thẳng đứng.

$\gamma_n$  : trọng lượng thể tích của nước trong lỗ rỗng.

$\varepsilon_1$  và  $\varepsilon_{tb}$  : hệ số rỗng ban đầu và hệ số rỗng trung bình của đất nền trong quá trình cổ kết ở dưới mũi cọc tràm.

Các ký hiệu khác giống như phần trên đã trình bày.

V.3 – Khi đánh giá độ lún của móng cọc tràm diễn biến theo thời gian, nếu xét đến ảnh hưởng của biến dạng từ biến do yếu tố nhớt của đất nền gây nên, trị số  $S(t)$  trong trường hợp này được xác định theo biểu thức :

$$S(t) = hp_o \left[ a_1 + a_2 \left( 1 - e^{-\left( \frac{\eta t}{a_2} \right)} \right) \right] \quad (5-6)$$

Trong đó :  $a_1$  và  $a_2$  và  $\eta$  : các thông số được xác định bằng thực nghiệm trên máy nén cổ kết 1 chiều.

Đối với thông số  $\eta$  còn có thể xác định trên máy cắt ứng biến và được tính toán theo công thức :

$$\eta = \frac{\tau - \tau_{gh}}{v} h_d \quad ( \text{sec.kG/cm}^2 )$$

Trong đó :

$\tau$  và  $\tau_{gh}$  : ứng suất cắt và ứng suất cắt giới hạn ( kG/cm<sup>2</sup> )

$v$  : tốc độ biến dạng của mẫu đất ( cm/sec )

$h_d$  : chiều cao của mẫu đất thí nghiệm ( cm )

## VI – MỘT SỐ VẤN ĐỀ THIẾT KẾ MÓNG CỌC TRÀM

VI.1 – Đài móng cọc tràm ( tùy theo loại móng cứng, tuyệt đối cứng hay móng có độ cứng hữu hạn ... ) có thể dùng loại vật liệu bê tông đá học, bê tông và bê tông cốt thép.

Đối với đài móng bằng bê tông đá học và bê tông, nên dùng mác ( số hiệu ) lớn hơn hay bằng **#100**; còn đối với đài móng bằng bê tông cốt thép nên dùng mác ít nhất là **#150**.

Chiều dày đài cọc và lượng cốt thép cần thiết bố trí trong đài cọc được xác định như kết cấu chịu uốn theo các chỉ dẫn trong Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép.

VI.2 – Dưới đáy đài cọc thường cấu tạo lớp bê tông lót dày **100mm** bằng bê tông đá **4x6cm**, hoặc bê tông gạch vỡ với mác ( số hiệu ) không nhỏ hơn **#50**.

Khi đáy đài cọc đặt trực tiếp trên các lớp đất dính, các lớp bùn, đất than bùn, than bùn, có thể cấu tạo thêm lớp cát trung đầm chặt dày 100mm để tạo điều kiện thoát nước trong đất.

Nếu đáy đài cọc đặt trực tiếp trên các loại cát nhỏ, cát bụi bão hòa nước, có thể không cần cấu tạo thêm lớp cát trung này.

VI.3 – Kích thước đáy đài cọc lúc ban đầu có thể xác định sơ bộ dựa vào điều kiện ứng suất trung bình dưới đáy đài do tải trọng công trình, trọng lượng đài và đất phủ trên đài không vượt quá **0,8 kG/cm<sup>2</sup>**.

VI.4 – Số lượng cọc tràm bố trí trong phạm vi của đài cọc, được xác định dựa vào điều kiện tác dụng của tải trọng công trình.

Nếu móng công trình chịu tải trọng đúng tâm, số lượng cọc tràm cần thiết  $n_c$  được xác định theo biểu thức :

$$n_c \geq \frac{\sum P + Q}{P_d} \quad (6-1)$$

Khi móng công trình chịu tải trọng lệch tâm, trị số  $n_c$  được tính toán theo công thức :

$$n_c \geq 1,2 \frac{\sum P + Q}{P_d} \quad (6-2)$$

Trong đó :

$\sum P$  và  $Q$  : tổng tải trọng thẳng đứng tính toán tác dụng ở trên mặt đài cọc và trọng lượng bản thân của đài cọc và đất phủ trên đài cọc.

$P_d$  : sức chịu tải tính toán của cọc tràm đơn.

VI.5 – Mật độ cọc tràm bố trí trong phạm vi đài cọc được xác định theo biểu thức :

$$m_c \geq \frac{n_c}{F} \quad (6-3)$$

Trong đó :

$m_c$  : mật độ cọc tràm ( số cọc/m<sup>2</sup> )

$F$  : diện tích đáy đài cọc ( m<sup>2</sup> )

VI.6 – Việc bố trí số lượng cọc tràm dưới đáy đài cọc phải đảm bảo điều kiện lực tác dụng trên đỉnh cọc nguy hiểm nhất không được vượt quá sức chịu tải tính toán của cọc tràm đơn có xét đến hiệu ứng nhóm

Đối với móng chịu tải trọng đúng tâm :

$$P_i \geq \frac{\sum P + Q}{n_c} \leq C_e P_d \quad (6-4)$$

Đối với móng chịu tải trọng lệch tâm :

+ Khi moment uốn do tải trọng công trình truyền xuống chỉ tác dụng theo một phương :

$$P_i \geq \frac{\sum P + Q}{n_c} + \frac{\sum M \cdot x}{\sum_{i=1}^{n_c} x_i^2} \leq C_c P_d \quad (6-5)$$

+ Khi moment uốn do tải trọng công trình truyền xuống tác dụng theo hai phương :

$$P_i \geq \frac{\sum P + Q}{n_c} + \frac{\sum M_y \cdot x}{\sum_{i=1}^{n_c} x_i^2} + \frac{\sum M_x \cdot y}{\sum_{i=1}^{n_c} y_i^2} \leq C_c P_d \quad (6-6)$$

Trong đó :